

Data recording method; data recording apparatus and data recording medium.

Patent Number: ☐ EP0593037, A3, B1
Publication date: 1994-04-20
Inventor(s): DE KOCK JOOST C O SONY CORPORA (JP); KOBAYASHI SEIJI C O SONY CORPO (JP)
Applicant(s): SONY CORP (JP)
Requested Patent: CN1090666
Application Number: EP19930116569 19931013
Priority Number(s): JP19920300470 19921013
IPC Classification: G11B20/10; G11B7/00
EC Classification: G11B7/00M2, G11B20/10A
Equivalents: CN1073257B, DE69323950D, DE69323950T, JP3147255B2, ☐ JP6131669, KR271544
Cited patent(s): WO9316467; WO9316468; EP0477892; EP0256498; FR2664420; JP63298818

Abstract

In recording information by shifting the positions of the front edge and the rear edge of each pit on a medium stepwise from specified reference positions according to recording data, the edges of each pit are displaced stepwise with a unit of macro-step of 0.04 μm , to express the data. The positions of the edges with macro-step are further adjusted to be displaced stepwise with a unit of micro-step of 256 kinds, thus suppressing the Inter Symbol Interference. With this adjustment, it is possible to reduce the influence of the Inter Symbol Interference, and hence to perform the recording with high density.

Data supplied from the esp@cenet database - l2

权 利 要 求 书

1、一种数据记录方法，包括如下步骤：

按照记录数据以一个第一宽度为一个单元逐步移动每个凹痕的边缘位置；

以小于所说第一宽度的一个第二宽度、在由其它边缘位置产生的干扰最小的位置逐步移动由所说第一宽度规定的所说边缘的位置。

2、如权利要求 1 的数据记录方法，其特征在于：用所说第二宽度对所说边缘的位置的调节是在考虑到至少两个所说相邻边缘的位置的情况下实现的。

3、如权利要求 1 的数据记录方法，其特征在于：用所说第二宽度对所说边缘的位置的调节是在考虑了至少连续四个所说边缘的位置的情况下实现的。

4、如权利要求 1、2 或 3 的数据记录方法，其特征在于：用所说第二宽度对所说边缘的位置的调节是使用一种线展开函数实现的。

5、如权利要求 1、2、或 3 的数据记录方法，其特征在于：用所说第二宽度对所说边缘的位置的调节是用一种 Hopkins 方法实现的。

6、如权利要求 1 至 5 中的任何一个权利要求所述的数据记录方法，其特征在于：用所说第二宽度对所说边缘的位置实现调节的方式是：将由所说相邻两个边缘规定的信息点定位在坐标轴的网格上，该网格是由所说相邻两个边缘的位置规定的。

7、如权利要求 6 的数据记录方法，其特征在于：用所说第

二宽度对所说边缘的位置实现调节的方式是：在所说坐标轴上使所说信息点的面积缩小。

8、如权利要求 7 的数据记录方法，其特征在于：用所说第二宽度对所说边缘的位置实现调节的方式是：在第二坐标轴上将所说信息点集中在中间位置，该第二坐标轴是由在规定了所说坐标轴的所说两个相邻边缘的前、后侧上定位的其它边缘的位置规定的。

9、一种记录介质，用于通过移动每个凹痕的边缘的位置记录数据，包括：

用于按照记录数据以一个第一宽度为一个单元逐步移动所说凹痕的边缘位置的部件；以及

用于在由其它边缘的位置产生的干扰最小的位置，以比所说第一宽度小的第二宽度逐步移动由所说第一宽度规定的所说边缘的位置的部件。

10、一种用于记录介质上记录数据的数据记录设备，该设备能够在所说记录介质上以一个第一宽度逐步移动每个凹痕的边缘位置，包括：

一个转换装置，用于将要记录的数据转换成和以所说第一宽度移动的步长数对应的数据；

一个计算装置，用于计算对应于由所说转换装置转换的数据的，以所说第一宽度移动的所说边缘的位置，并且用于以比所说第一宽度小的第二宽度逐步移动由所说第一宽度规定的所说边缘的位置，由此计算出其它边缘位置产生的干扰的位置；

一个信号产生装置，用于按照所说计算装置的输出以对应于所说凹痕边缘位置的定时关系输出一个信号。

11、如权利要求 10 的数据记录设备，其特征在于：所说信

号产生装置包括：

一个 D/A 转换装置，用于对所说计算装置的输出进行数据转换，

一个锯齿波产生装置，用于产生锯齿波，

一个比较装置，用于比较所说锯齿波产生装置输出的锯齿和所说 D/A 转换装置的输出。

说 明 书

数据记录方法、数据记录设备
以及数据记录介质

本发明涉及适于在光盘或类似物上记录数据的数据记录方法、数据记录设备、和数据记录介质。

本发明推荐一种逐步移动记录数据的每个凹痕边缘位置的技术，例如在未经审查的日本专利 HEI 4—207074 和国际申请 PCT/JP 92/01250 中公开的技术。即，如图 17 所示，将凹痕边缘 b_{n-1} 、 a_n 、 b_n 、 a_{n-1} 的每个位置移动到记录数据 0 至 7 的每个位置。从图 17 还可以看出，要对来自检测每个凹痕反射光的光学拾波器的复制信号电平进行采样保持，同时要对时钟 A 或时钟 B 的上升沿的定时进行模/数 (A/D) 转换，从而可以判断出边缘在位置 0—7 中移动到什么位置。

假定，对来自边缘 a_n 的复制信号进行采样和 A/D 转换得到的值为 $V_a(n)$ ，对来自边缘 b_n 的复制信号进行采样和 A/D 转换得到的值为 $V_b(n)$ ，则可将值 $V_a(n)$ 和 $V_b(n)$ 表示在 XY 坐标轴上，如图 18 所示。当将边缘 a_n 和 b_n 的位置移入位置 0—7 时，在理想情况下就将由复制值 $V_a(n)$ 和 $V_b(n)$ 确定的点（信息点）定位在图 18 中虚线彼此交叉的那些点上（网格上）。但在实践中，边缘 b_n 干扰了来自边缘 a_n 的复制信号，或者边缘 a_n 干扰了来自边缘 b_n 的复制信号。因此，由实际的复制信号电平确定的信息点位置（在图 18 中，如黑点所示）都不在网格上，

偏离开一定距离。

出于这种原因，在上述的实际应用中，考虑到信息点与网格的偏离，本发明提出一种技术，在坐标轴上的信息点的位置（边缘位置）是作为在坐标平面上的位置读出的。

如上所述，按照现有的技术，只检查两个边缘之间的 I、S、I（内部符号干扰）；但实际上在三个或更多个边缘之间都有 I、S、I。因此，如图 19 所示，若把坐标轴上的每个信息点的面积展宽，则将要使相邻信息点之间的边界模糊不清，难以分辨出每个信息点。（即，难以加大记录密度）。

如果将上述情况考虑在内，那么将构成本发明，本发明的一个目的是排除 I、S、I（内部符号干扰）的影响，因此加大了记录密度。

按照本发明的第一个方面，提供一种数据记录方法，该方法包括如下步骤：按照要记录的数据以一个宏步长单元作为第一宽度逐步移动每个凹痕的边缘位置，以及在由其它边缘位置产生的干扰最小的位置、以比宏步长小的第二宽度逐步移动由宏步长规定的边缘位置。

最好在考虑到至少两个相邻边缘位置或至少四个连续边缘的位置的情况下进行用微步长对边缘位置的调节。另外，这种调节可使用线展开函数或 Hopkins 方法实现。

另外，实现用微步长对边缘位置的调节方式是：将由相邻两个边缘的位置确定的信息点定位在由该相邻两个边缘的位置确定的坐标轴上的一个网格处。实现调节的方式可以是：使信息点在坐标轴上的面积变小。此外，实现调节的方式可以是：在由其它边缘位置确定的第二坐标轴上将信息点集中在中间位置，该其它边缘是定位在确定了该坐标轴的相邻两个边缘的前、

后侧上。

按本发明的第二个方面，提供了一种记录介质，用于通过移动每个凹痕的边缘位置记录数据，该介质包括：用于按照记录数据以一个宏步长为单元逐步移动凹痕的边缘位置的部件；以及用于在其它边缘位置产生的干扰最小的位置、以小于宏步长的微步长为第二宽度逐步移动由宏步长规定的边缘位置的部件。

按本发明的第三个方面，提供了一种数据记录设备，用于在记录介质上通过以宏步长逐步移动每个凹痕的边缘位置来记录数据，包括：一个转换电路 3，它是转换与以宏步长变化的步长数目对应的数据的一种转换装置；一个记录边缘位置计算电路 9，它是按转换电路 3 转换出来的数据计算按宏步长移动的边缘位置的一种计算装置，它还以比宏步长小的微步长逐步移动用宏步长规定的边缘位置，以便计算出由其它边缘位置产生的干扰最小的位置；以及一个边缘调制电路 10，它是一种信号产生装置，用于按照记录边缘位置计算电路 9 的输出来输出一个具有与每个凹痕边缘位置对应的定时关系的信号。

边缘调制电路 10 最好包括：一个 D/A 转换器 31，它是一种 D/A 转换装置，用于对记录边缘位置计算电路 9 的输出进行数/模转换；一个锯齿波产生电路 33，它是一种锯齿波产生装置，用于产生锯齿波；以及一个模拟比较器 32，它是一种比较装置，用于比较锯齿波产生电路 33 输出的锯齿波和 D/A 转换器 31 的输出。

按本发明的第一个方面的数据记录方法，以微步长进一步精细逐步移动由宏步长规定的边缘位置。因此记录的数据处于消除了内部符号干扰的状态。

在按本发明的第二个方面的记录介质中，实现记录的方式是：以微步长进一步精细逐步移动由宏步长规定的边缘位置。因此可以实现具有高密度的记录介质。

在按本发明的第三个方面的记录设备中，通过记录边缘位置计算电路 9 计算出按记录数据以宏步长移动的边缘位置，并且以微步长进一步精细移动该位置。因此可以在记录介质上以高密度记录数据。

图 1 是一个方块图，表示本发明的数据记录设备的结构，

图 2 是一个方块图，表示图 1 中的记录边缘位置计算电路的结构，

图 3 是一个方块图，表示图 1 中的边缘调制电路的结构，

图 4 是一个时间图，用于说明图 3 所示实施例的工作过程，

图 5 是一个用于说明在图 1 的盘中记录的凹痕的视图，

图 6 是一个用于说明宏步长和微步长之间关系的视图，

图 7 是一个用于说明使用线展开函数调节用宏步长表示的边缘位置、使其落在以微步长表示的边缘位置的原理的视图，

图 8 是一个说明在未经图 7 中的校正的情况下的信息点状态的视图，

图 9 是一个说明实现了图 7 中的校正的情况下的信息点状态的视图，

图 10A 和 10B 是说明信息点和网格间关系的视图，

图 11A 和 11B 是说明用于计算要校正的边缘位置使信息点位在网格上的程序的流程图，

图 12 是说明信息点散开状态的视图，

图 13A 和 13B 是说明用于计算边缘位置以将信息点集中一个规定点的程序的流程图，

图 14 是说明通过执行图 11A 和 11B 的程序获得的信息点的状态的视图；

图 15 是说明通过执行图 13A 和 13B 的程序获得的信息点的状态的视图；

图 16 是说明未执行图 11A、11B、和图 13A、13B 中的程序时信息点状态的视图，用于和图 14、15 进行比较；

图 17 是说明在介质上为记录信息逐步移动凹痕边缘的原理的视图；

图 18 是说明在一个坐标平面上两个边缘位置作为信息点被读出的原理的视图；

图 19 是说明信息点的散开状态的视图。

下面参照附图描述本发明的实施例。

图 1 是一个表示本发明的数据记录设备的一个实施例的结构的方块图。信息源 1 输出一个要记录的信号，例如一个数字化的记录信号。一个错误检验与纠正 (ECC) 电路 2 将一个错误检验与纠正码加到由信息电路 1 供给的数字式声频数据上，并且将该数据输出到转换电路 3。转换电路 3 将输入的数据转换成 3 位为一个单元的数据。即，在该实施例中，将每个边缘的位置设置成从 0 到 7 的 8 个位置中的一个位置。因此，要规定每个边缘的位置，需要 3 位的数据。在转换电路 3 中产生 3 位的数据。

一个时钟信息电路 5 产生一种数据，这种数据是产生用于读出记录在盘内的数据所需的时钟所要求的。一个偏置增益信息产生电路 6 产生指示偏置点的数据（即，指示参考点 (0, 0) 的数据，也就是指示边缘 a_n 和 b_n 的位置都是 0 的数据），以及指示设定一个增益的数据的数据（即指示一个参考点 (7,

7) 的数据, 也就是指示位置 a_n 和 b_n 都是 7 的数据)。

一个 PLL(锁相环路)绘图信号电路 7 产生用于绘制 PLL 的信号。一个教育数据产生电路 8 产生的数据中, 边缘位置 (a_n , b_n) 对应于从 (0, 0) 至 (7, 7) 的边缘位置中的每一个。由时钟信息产生电路 5、偏置增益信息产生电路 6、PLL 绘制信号产生电路 7、和教育数据产生电路 8 输出的数据都加到加法器 4 上, 在加法器 4 中上述数据和来自转换电路 3 的数据 (经过时分多路转换) 相加。

将加法器 4 的输出提供给一个记录边缘位置计算电路 9, 并将记录边缘位置计算电路 9 的输出提供给一个边缘调制电路 10, 将边缘调制电路 10 的输出提供给控制设备 11, 在设备 11 中进行切割, 显像、喷镀、转录、铝沉积、保护膜涂覆, 从而形成盘 12。

下面将要描述工作过程。将由信息源 1 输出的声频数据加到 ECC 电路 2, 使该声频数据与一个错误检验与纠正码相加。转换电路 3 将输入的数据转换成 3 位为一个单元的数据。这些 3 位的数据在自 0 至 7 的 8 个位置中的每个位置规定了每个凹痕的边缘位置。将转换电路 3 输出的 3 位的数据经加法器 4 提供给记录边缘位置计算电路 9。

记录边缘位置计算电路 9 (下面将会描述) 将对应于每个边缘位置的 3 位数据校正成 256 种精细位置, 以便对内部符号干扰进行校正。即, 在记录边缘位置计算电路 9 中, 基本上以 8 种步长 (宏步长) 移动的边缘位置被按步长 (宏步长) 校正定位在 256 种边缘位置中的一个位置。即, 在记录边缘位置计算电路 9 中, 将起始位置校正成使内部符号干扰尽量小的位置。

边缘调制电路 10 产生脉冲, 脉冲的定时关系对应于记录边

缘位置计算电路 9 输出的数据, 电路 10 将脉冲输出到控制设备 11。控制电路 11 与边缘调制电路 10 供给的定时信号同步地切割原始盘。然后将经过这种切割的原始盘显像, 接着进行喷镀, 从而产生压模。然后将用压模形成的凹痕转录在一个复制品上。给该复制品涂以铝沉积物, 并涂覆保护膜。这样一来, 就可批量产生大量的盘 12。

此外, 加法器 4 还接收时钟信息产生电路 5、偏置增益信息产生电路 6、PLL 绘制信号产生电路 7、以及教育数据产生电路 8 输出的数据。因此在盘 12 上形成与这些数据对应的凹痕。

图 2 表示记录边缘位置计算电路 9 的结构。在该实施例中, 将加法器 4 提供的 3 位数据依次加到四级触发器 21—24 上。触发器 21—24 的每个输出都加到 ROM 25 上。ROM 25 输出对应于两个边缘位置的 8 位数据 D_a 和 8 位数据 D_b 。

即, 3 位输入数据依次被触发器 21—24 延迟; 因此, 当触发器 23 输出第 n 个凹痕的后边缘 a_n 的数据并且触发器 22 输出第 $n+1$ 个凹痕的前边缘 b_n 的数据时, 触发器 24 输出第 n 个凹痕的前边缘 b_{n-1} 的数据并且触发器 21 输出第 $n+1$ 个凹痕的后边缘 a_{n+1} 的数据 (见图 5)。因此, 对应于两个连续的凹痕的四个连续的边缘的数据都输入到 ROM 25 中。

ROM 25 接收与四个边缘的宏步长位置对应的数据输入, 并且计算与边缘 a_n 对应的数据 D_a 和与边缘 b_n 对应的数据 D_b , 以便将来自每个边缘的内部符号干扰降至最小, ROM 25 还将这些数据 D_a 和 D_b 输出。每个数据 D_a 和 D_b 都是作为 8 位数据输出的。ROM 25 将用这种宏步长表示的数据转换成用 256 种宏步长表示的经精细校正的) 数据, 然后将这些数据输出。下面将会介绍这个 ROM 25 的转换表的内容。

图 3 表示图 1 中的边缘调制电路 10 的结构。在该实施例中，通过一个延迟电路将 ROM 25 输出的 8 位数据 D_a 延迟，该延迟电路包括一个 D/A 转换器 31、一个模拟比较器 32、和一个锯齿波产生电路 33，然后将 8 位数据 D_a 提供给一个或门 37 的一个输入端。类似地，通过另一个延迟电路将 ROM 25 输出的 8 位数据 D_b 延迟，该延迟电路包括一个 D/A 转换器 34、一个模拟比较器 35、以及一个锯齿波产生电路 36，然后将 8 位数据 D_b 提供给或门 37 的另一个输入端。然后，通过 T 型触发器 38 将或门 37 的输出作为记录脉冲提供给控制设备 11。

下面参照图 4 的时间图描述图 3 实施例的工作过程。将对应于 ROM 25 输出的边缘 a_n 的 8 位数据 D_a [图 4 (a)] 输入到 D/A 转换器 31 中以便进行数/模转换。将 D/A 转换器 31 的输出加到模拟比较器 32 的同相输入端。将锯齿波产生电路 33 周期输出的锯齿波信号 [图 4 (b)] 加到模拟比较器 32 的反相输入端。模拟比较器 32 比较 D/A 转换器 31 输入的信号电平（该电平对应于边缘 a_n 的位置）和锯齿波产生电路 33 输出的锯齿波信号电平。当前者大于后者时，模拟比较器 32 输出一个逻辑高电平，当前者小于后者时，比较器 32 输出一个逻辑低电平。结果，在模拟比较器 32 的输出中 [图 4 (c)]，上升沿的定时关系按照数据 D_a 而变（即有 256 种变化）。

另一方面，D/A 转换器 34 按类似的方式对 ROM 25 输出的对应于边缘 b 的数据 D_b [图 4 (d)] 进行数/模转换，并将转换后的数据提供给模拟比较器 35 的反相输入端。将锯齿波产生电路 36 周期输出的锯齿波信号 [图 4 (e)] 加到模拟比较器 35 的反相输入端。模拟比较器 35 比较两个输入彼此间的电平。当 D/A 转换器 34 的输出大于锯齿波产生电路 36 输出的锯齿波信号

时, 模拟比较器 35 输出一个逻辑高电平; 当较小时, 输出一个逻辑低电平 [图 4 (f)]。即, 模拟比较器 35 输出的脉冲的上升沿的定时关系按照数据 Db 有 256 种变化。

或门 37 将模拟比较器 32 和 35 输出的脉冲加到 T 型触发器 38 的触发端 [图 4 (g)]。T 型触发器 38 在或门 37 的输出的上升沿被触发, 从而把每次触发的输出脉冲的逻辑电平颠倒过来 [图 4 (h)]。因此, 在 T 型触发器 38 的输出中 [图 4 (h)], 上升沿按边缘 a_n 的位置变化, 下降沿按边缘 b_n 的位置变化。边缘的位置被确定为 256 种位置中的一种位置。

将 T 型触发器 38 输出的记录脉冲提供给控制设备 11, 在这里切割原始盘, 从而产生盘 12。这样获得的盘 12 是与图 5 所示的凹痕一起形成的。

下面描述存贮在 ROM 25 中的转换表实例。如图 5 所示, 假定将存贮在盘 12 中的每个凹痕的边缘的基本步长 (齿面) 取为 0.04 微米。即, 当每个凹痕边缘位置从 1 移到 7 时, 边缘位置改变基本上为 0.04 微米。换言之, 假定将宏步长取为 0.04 微米。

进一步假定, 一旦 D/A 转换器 31 和 34 的输出改变一个步长, 每个凹痕边缘位置就改变 1.67 毫微米 (即将一个微步长取为 1.67 毫微米), 一个宏步长对应于 24 个微步长 ($24 = 0.04 \text{ 微米} / 1.67 \text{ 毫微米}$)。当将盘 12 的直线速度取为 1.2 米/秒并且将凹痕的最小长度 (即前、后边缘位置都是 0 的凹痕长度) 取为 0.53 微米, 记录宽度为 440 毫微秒, 宏步长度为 40 毫微米 (0.04 微米), 并且一个微步长长度是 1.67 毫微米 (图 6)。

在不考虑边缘 b_{n-1} 和 a_{n+1} 影响的情况下, 可通过下述方程计算数据 Da 和 Db:

$$Da = 24 \times a_n + Ca \quad \dots (1)$$

$$Db = 24 \times (-b_n) + Cb \quad \dots (2)$$

其中 Ca 和 Cb 是常数。

下面将要考察如何取消边缘 b_{n-1} 对边缘 a_n 的复制值 $V_a(n)$ 的影响。假定该复制系统的光学拾波器的传输特性是线性的, MTF (调制传递函数) 是该复制系统的 OTF (光传递函数) 的绝对值, 则对 MTF 进行反傅里叶变换, 得到线展开函数 $h(x)$ 。图 7 表示出线展开函数。边缘 b_{n-1} 对复制值 $V_a(n)$ 的影响正比于图 7 中线展开函数底部的幅度。即, 存贮在 ROM 25 中的表的校正值可通过对应于边缘 a_n 的那部分的高度 h_1 (即图 7 中的线展开函数的中心部分) 和对应于边缘 b_{n-1} 的高度 h_2 之间的比 (h_2/h_1) 计算出来。此外, 在下列文献中公开了线展开函数: S. Kubota: "Aplanatic condition required to produce jitter-free signals an optical digital disk system", APPLIED OPTICS/Vol. 26, N. 18/P. 3961—3972 (Fig. 13 etc.) /September 1987。

当痕间距离是 1.67 微米、激光波长是 780 毫微米、物镜的 NA (数值孔径是 0.45 时, 计算出的校正值 $S(b_{n-1})$ 如表 1 所示。

表 1

前一个记录数据	校正值
b_{n-1}	$S(b_{n-1})$
0	0
1	2
2	3
3	4

4	5
5	6
6	7
7	8

由于边缘 a_{n+1} 对数据 Db 的影响与以上所述的相同, 因此计算出的校正值 $S(a_{n+1})$ 如表 2 所示。

表 2	
前一个记录数据	校正值
a_{n+1}	$S(a_{n+1})$
0	0
1	2
2	3
3	4
4	5
5	6
6	7
7	8

如上所述, 通过下述方程来规定写入 ROM 25 的数据:

$$Da = 24 \times a_n - S(b_{n+1}) + Ca \quad \dots (1)$$

$$Db = 24 \times (-b_n) + S(a_{n+1}) + Cb \quad \dots (2)$$

图 8 表示的是在不进行校正的情况下的信息点的状态。如图 8 所示, 信息点散开 (面积加大), 相邻信息点之间的边界模糊不清。这就是说, 难以精确判断每个信息点。

与此相反，图 9 表示的是在将加入校正值的转换表写入 ROM25 中的情况下的信息点的分布状态。如图 9 所示，信息点和图 8 所示的情况相比没有散开，因此可以准确地分开并判断这些信息点。

在上述实施例中，内部符号干扰是使用线展开函数进行校正的。但对内部符号干扰的上述校正还可根据下述文献中描述的内容使用 Hopkins 方法进行：H. H. Hopkins: "Diffraction theory of laser read-out System for optical video discs"; Journal Optical Society of America/Vol. 69, No. 1/p. 4—24/January 1979。在这种情况下，数据 Da 和 Db 是通过下述方程计算出来的：

$$Da = 24 \times a_n + Xmsbift(a_n, b_n) + Xisicomp(a_n, b_n, b_{n-1}, a_{n+1}) \quad \dots (5)$$

$$Db = 24 \times b_n + Ymsbift(a_n, b_n) + Yisicomp(a_n, b_n, b_{n-1}, a_{n+1}) \quad \dots (6)$$

上述方程右边，第一项用于把宏步长转换成微步长，第二项是在网格上定位信息点的校正量，第三项是降低信息点散开使信息点的面积尽可能小的校正量。

下面将要描述上述方程中第二项的计算方法。如图 10A 所示，在不进行校正的情况下，信息点偏离开网格，但如图 10B 所示，通过校正将信息点定位在网格上。

这种计算可根据图 11A 和图 11B 所示的流程图进行。这种计算例如通过计算机执行，并将结果写入 ROM 25。

首先在步骤 S1 设置网格的动态范围。该动态范围是由复制设备的硬件规定的，将该动态范围分成 8 个网格。

在步骤 S2，让边缘 b_{n-1} 和 a_{n+1} 的位置对应于 0—7 位置中的位置 4。

程序前进至步骤 S3, 在步骤 S3, 比较信息点 $I(a_n, b_n)$ 的水平位置 $X_{ap}(a_n, b_n)$ 和期望的网格的水平位置 $X_{dp}(a_n, b_n)$ 的幅度。当信息点 $I(a_n, b_n)$ 的水平位置 $X_{ap}(a_n, b_n)$ 小于网格的水平位置 $X_{dp}(a_n, b_n)$ 时 (即信息点位于网格的左侧时), 程序前进至步骤 S4, 在步骤 S4 中让边缘 a_n 增长一个微步长。这样一来, 就在增长了一个微步长的数据重新产生了该信息点的水平边缘 a_n 。然后程序前进至步骤 S5, 在步骤 S5 判断 $X_{ap}(a_n, b_n) - X_{dp}(a_n, b_n)$ 是否最小。即判断信息点的水平位置是否是最靠近网格水平位置的位置。当还不是最小时, 程序返回至步骤 S4, 重复 S4 中的过程。通过重复 S4 和 S5 中的过程, 使信息点的水平位置落在最靠近网格位置的位置。

在步骤 S5, 当判断出 $X_{ap}(a_n, b_n) - X_{dp}(a_n, b_n)$ 是最小时, 程序前进至步骤 S6, 在步骤 S6 中将在步骤 S4 和 S5 之间的重复次数 (即微步长的校正数) 设置在 $X_{mshift}(a_n, b_n)$ 中。

另一方面, 在步骤 S3 中, 当 $X_{ap}(a_n, b_n)$ 等于或大于 $X_{dp}(a_n, b_n)$ 时, 程序从步骤 S3 前进至步骤 S8, 在步骤 S8 判断 $X_{ap}(a_n, b_n)$ 是否大于 $X_{dp}(a_n, b_n)$ 。当前者大于后者时, 信息点定位在网格的右侧。因此, 在这种情况下程序前进至步骤 S9, 在步骤 S9 将边缘 a_n 的位置缩短一个微步长。缩短的位置作为一个新的水平位置 $X_{ap}(a_n, b_n)$ 重新产生出来。在此之后, 程序前进至步骤 S10, 在步骤 S10 判断 $X_{ap}(a_n, b_n) - X_{dp}(a_n, b_n)$ 是否是最小。在是最小值时, 程序返回至步骤 S9, 并重复进行步骤 S9 中的过程。即, 将边缘 a_n 的位置改变一个微步长, 直到信息点的水平位置最靠近网格的水平位置时为止。

当判断出已为最靠近位置时, 则在步骤 S11 将微步长数设置在 $X_{mshift}(a_n, b_n)$ 中。

在步骤 S8, 当 $X_{ap}(a_n, b_n)$ 不大于 $X_{dp}(a_n, b_n)$ 时, 由于 $X_{ap}(a_n, b_n)$ 最终将等于 $X_{dp}(a_n, b_n)$, 因此程序前进至步骤 S12。在这种情况下, 将 0 设置在 $X_{mshift}(a_n, b_n)$ 中。即, 在这种情况下, 由于信息点的水平位置等于网格的水平位置, 因此不进行采用微步长单元的精细校正。

在步骤 S6、S10、或 S12 之后, 程序前进至步骤 S7。在步骤 S7 判断是否对所有信息点的水平调节都已完成。当未完成时, 程序返回到步骤 S3, 并重复在 S3 之后的过程。即, 调节所有信息点的水平位置, 使它们落在最靠近网格的水平位置的那些位置。

在步骤 S7, 当判断出已调节了所有信息点的水平位置时, 程序前进至步骤 S13。在步骤 S13, 在经上述计算出的位置处重新产生出所有的信息点。

在步骤 S14, 判断一个信息点的垂直位置 $Y_{ap}(a_n, b_n)$ 是否小于网格的垂直位置 $Y_{dp}(a_n, b_n)$ 。当判断出前者小于后者时, 程序前进至步骤 S15。在步骤 S15 将边缘 b_n 增长一个微步长。这样一来, 增长的值就作为 $Y_{ap}(a_n, b_n)$ 重新产生出来。

然后, 程序前进至步骤 S16, 在步骤 S16 判断 $Y_{ap}(a_n, b_n) - Y_{dp}(a_n, b_n)$ 是否最小。即, 判断信息点的垂直位置是否是最靠近网格的垂直位置的位置。当没有落在该最靠近的位置, 程序返回到步骤 S15, 并且重复步骤 S15 中的过程。在步骤 S16, 当判断出信息点的垂直位置落在最靠近网格的垂直位置的位置时, 程序前进至步骤 S17。在步骤 S17, 在 $Y_{mshift}(a_n, b_n)$ 中设置在步骤 S15 中移动的微步长数目。

在步骤 S14 中, 当 $Y_{ap}(a_n, b_n)$ 等于或大于 $Y_{dp}(a_n, b_n)$ 时, 程序前进至步骤 S19。在步骤 S19 中, 判断 $Y_{ap}(a_n, b_n)$ 是

否大于 $Y_{dp}(a_n, b_n)$ 。当判断出前者大于后者时（在图 10 中，将 $Y_{ap}(a_n, b_n)$ 定位在 $Y_{dp}(a_n, b_n)$ 上），程序前进至步骤 S20。在步骤 S20，将边缘 b_n 的位置缩短一个微步长。这样， $Y_{ap}(a_n, b_n)$ 就作为缩短了一个微步长的边缘位置重新产生出来。

接下来，程序前进至步骤 S21。在步骤 S21，判断 $Y_{ap}(a_n, b_n) - Y_{dp}(a_n, b_n)$ 是否最小。即，判断信息点的垂直位置是否落在最靠近网格的垂直位置的位置。当没有落在这里，程序返回到步骤 S20，并重复步骤 S20 中的过程。在步骤 S21，当判断出信息点的垂直位置落在了最靠近网格的垂直位置的位置时，程序前进至步骤 S22。在步骤 S22 中，在 $Y_{mshift}(a_n, b_n)$ 中设置在步骤 S20 中校正的微步长数目。

在步骤 S19，当判断出 $Y_{ap}(a_n, b_n)$ 不大于 $Y_{dp}(a_n, b_n)$ 时，由于 $Y_{ap}(a_n, b_n)$ 最终等于 $Y_{dp}(a_n, b_n)$ ，程序前进至步骤 S23。在这种情况下，在 $Y_{mshift}(a_n, b_n)$ 中设置 0。

在步骤 S17、S22 或 S23 之后，程序前进至步骤 S18。在 S18，判断所有信息点的垂直位置的调节是否都已完成。在还未完成时，程序返回到步骤 S14，并且重复步骤 S14 之后的过程。在步骤 S18，当判断出所有信息点的垂直调节过程都已完成时，程序前进至步骤 S24。在步骤 S24，重新产生所有信息点的垂直位置。

通过上述过程计算出能把偏离网格的如图 10A 所示的信息点定位在如图 10B 所示的最靠近网格的位置的数据（即方程 (5) 和 (6) 右端第二项的数据）。

下面将描述将信息点集中在规定点处的方法（即减少信息点面积的方法）。如图 12 中的一个信息点的放大图形清晰可见，一个信息点由在坐标轴上表示的一组 8×8 块小信息点构成（也对应于 0—7 边缘位置形成），这些小信息点分别由位于边缘 a_n

和 b_n 前、后侧上另一些边缘 b_{n-1} 和 a_{n+1} 所规定。为了将信息点集中（汇聚）在一个点上，可通过执行如图 13A 和 13B 所示的程序来校正边缘的位置。

首先，在步骤 S31，将所有信息点都移动到网格上。可通过执行如图 11A 和 11B 的程序来完成这一处理过程。

其次，程序前进至步骤 S32。在步骤 S32，在坐标轴上由 $b_{n-1}=4$ 和 $a_{n+1}=4$ 确定的点（中间点）（即由图 12 的放大图形中的 b_{n-1} 和 a_{n+1} 表示的点）处设置每个信息点的散布中心（即将要集中的点）。然后，分别将信息点的水平位置和垂直位置表示成 $H(a_n, b_n, 4, 4) \vee (a_n, b_n, 4, 4)$ 。

程序前进至步骤 S33，判断信息点的水平位置 $H(a_n, b_n, b_{n-1}, a_{n+1})$ 是否小于在步骤 S32 中规定的散布中心的水平位置 $H(a_n, b_n, 4, 4)$ 。即，判断信息点的位置是否位于要集中的中心的左侧。当判断出信息点的水平位置位于要集中的水平点的左侧时，程序前进至步骤 S38。在步骤 S38，使边缘 a_n 增长一个微步长。在这样获得的位置重新产生了信息点的位置 $H(a_n, b_n, b_{n-1}, a_{n+1})$ 。

然后，程序前进至步骤 S35，判断 $H(a_n, b_n, b_{n-1}, a_{n+1}) - H(a_n, b_n, 4, 4)$ 是否最小。即判断信息点的水平位置是否落在最靠近要集中的那点的水平位置的位置。当不在时，程序返回到步骤 S34，并且重复步骤 S34 中的过程。

在步骤 S35，当判断出信息点的水平位置落在最靠近要集中的那点的水平位置的位置时，程序前进至步骤 S36。在步骤 S36，在 $Xisicomp(a_n, b_n, b_{n-1}, a_{n+1})$ 中设置已在步骤 S34 中设置的微步长数目。

在步骤 S33，当判断出 $H(a_n, b_n, b_{n-1}, a_{n+1})$ 等于或大于

$H(a_n, b_n, 4, 4)$ 时, 程序前进至步骤 S38, 判断前者是否大于后者。当判断出前者大于后者时 (即当信息点的水平位置位于要集中的那点的水平位置的右侧时), 程序前进至步骤 S39, 让边缘 a_n 缩短一个微步长。缩短后的值作为信息点的水平位置 $H(a_n, b_n, b_{n-1}, a_{n+1})$ 重新产生出来。

程序前进至步骤 S40, 判断信息点的水平位置是否落在最靠近要集中的那点的水平位置的位置。当不在时, 程序返回到步骤 S39, 并且重复步骤 S39 中的过程。当判断出信息点的水平位置落在最靠近要集中的那点的水平位置的位置时, 程序前进至步骤 S41, 在 $Xisicomp(a_n, b_n, b_{n-1}, a_{n+1})$ 中设置已在步骤 S39 中设置的微步长数目。

在步骤 S38, 当判断 $H(a_n, b_n, b_{n-1}, a_{n+1})$ 不大于 $H(a_n, b_n, 4, 4)$ 时, 由于前者最终等于后者, 所以程序前进至步骤 S42, 在 $Xisicomp(a_n, b_n, b_{n-1}, a_{n+1})$ 中设置 0。

在步骤 S36、S41 和 S42 过程之后, 程序前进至步骤 S37, 判断所有信息点的水平位置是否都落在最靠近要集中的那点的水平位置的那些位置。在还存在尚未完成该过程的信息点时, 程序返回到步骤 S33, 并重复步骤 S33 之后的过程。

在步骤 S37, 当判断出所有信息点的水平位置都集中在最靠近要集中的那点的水平位置的那些位置时, 程序前进至步骤 S43, 重新产生所有信息点的水平位置。这样, 程序前进至步骤 S44。从步骤 S44 至 S54 的程序与自步骤 S33 至 S42 的程序类似, 只是方向有所变化, 从水平方向变为垂直方向。因此, 通过执行自步骤 S44 至 S54 的程序, 把信息点的垂直位置集中在最靠近要集中的那点的垂直位置的那些位置。

如上所述计算出来了方程 (5) 和 (6) 右端的第三项的数

据。将这样获得的数据作为转换表存贮在 ROM 25 中。

图 14 表示由复制信号获得的信息点，这些信息点是在产生了 ROM 25 中的转换表从而包含了由执行图 11A 和 11B 的程序获得的校正量的情况下得到的。显然，这些信号都和网格对应相符。

另外，图 15 所示的信息点是将考虑到由图 13A 和 13B 获得的（而不是由图 11A 和 11B 获得的）校正量的转换表写入 ROM 25 中的情况下获得的。和图 16 未经校正的情况相比，信息点面积减小了（集中在规定点），并且相邻信息点之间易于分开。

按照使用如图 7 所示的线展开函数的方法，信息点被集中在由边缘 b_{n-1} 和 a_{n+1} 的坐标轴（图 12）规定的平面内的位置 $(0, 0)$ 。与此相反，在如图 13A 和 13B 所示的程序内，信息点被集中在如图 12 所示的位置 $(4, 4)$ 。集中于后一个位置 $(4, 4)$ 是优选的，其理由是精细信息点移动的距离较小，并且减少了校正所需的微步长数目。即，减少了内部符号干扰，这使减少运算数目成为可能。

如上所述，按照本发明的数据记录方法，由于在干扰（由其它边缘位置的影响而产生的）最小的位置、以第二种步长逐步移动被第一种宽度规定的边缘位置，所以可能减少内部符号干扰，并因此可以实现较高密的记录。

按照本发明的数据记录介质，由于在干扰（由其它边缘位置的影响而产生的）最小的位置、以第二种步长逐步移动被第一种凹痕宽度规定的边缘位置，因此可以提供以高密度进行记录的数据记录介质。

按照本发明的数据记录设备，由于以第二种宽度逐步移动

了以第一种宽度逐步移动的邊緣位置，因此可以在记录介质上以较高的密度记录数据。

图 1

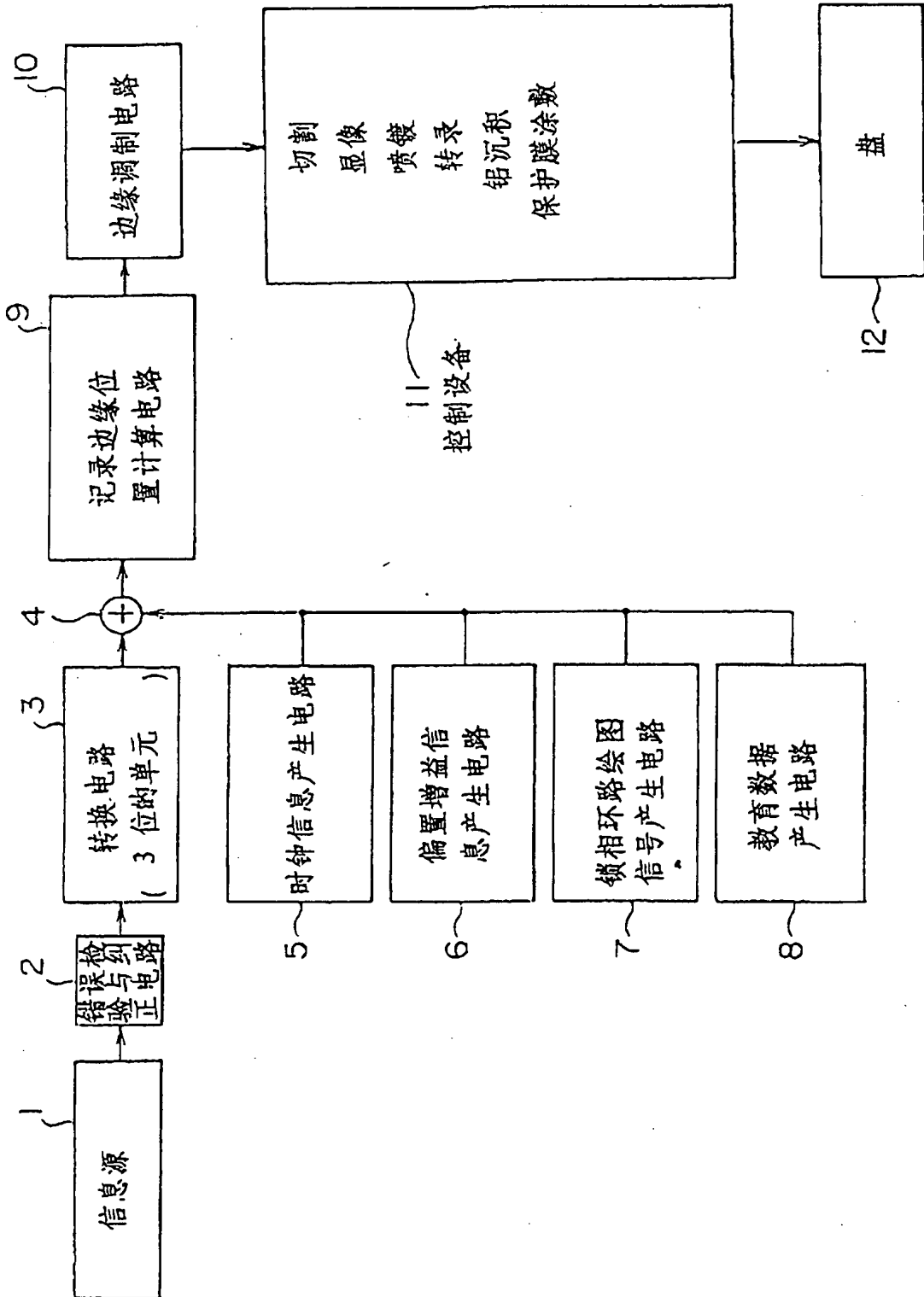
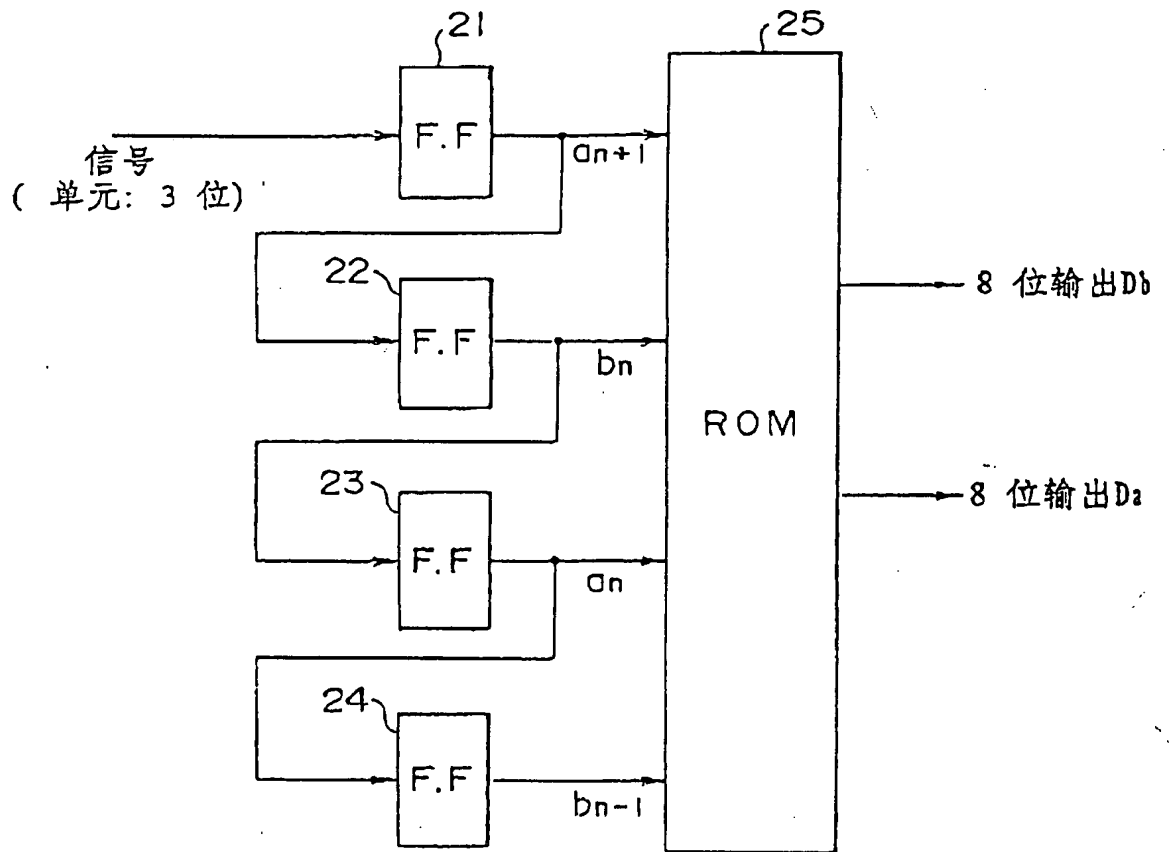


图 2



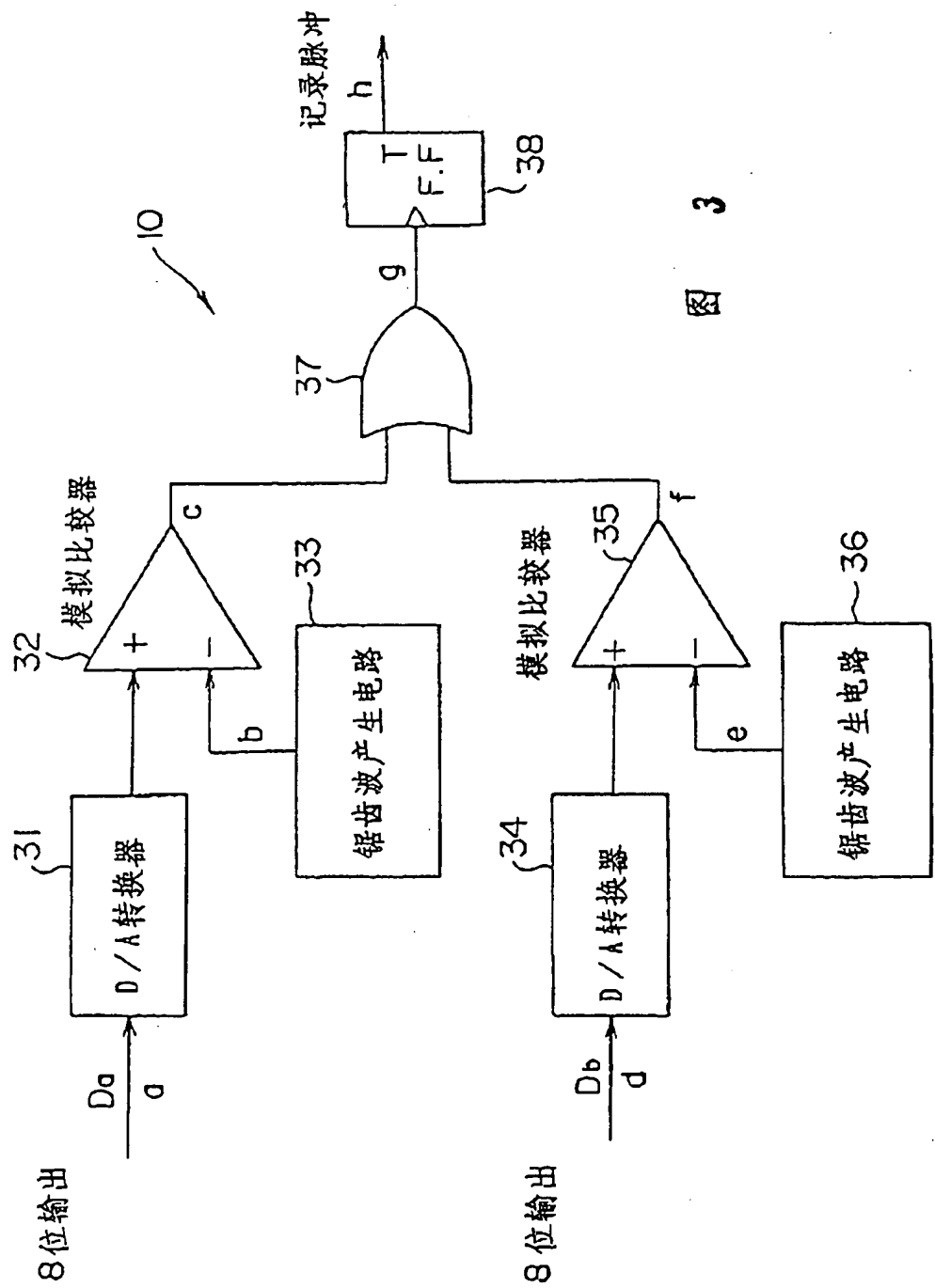


图 3

图 4(a)

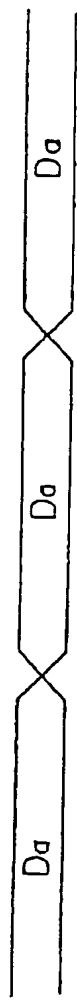


图 4(b)



图 4(c)

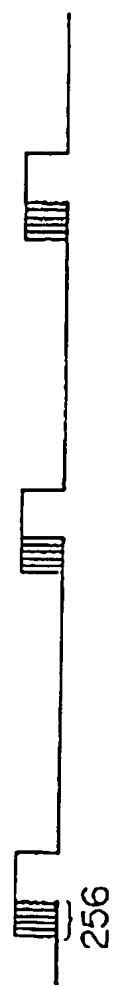


图 4(d)



图 4(e)



图 4(f)



图 4(g)



图 4(h)



图 5

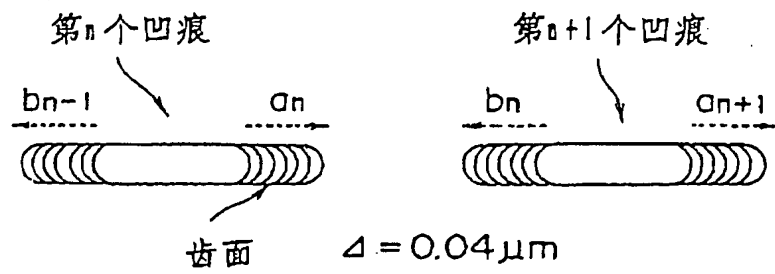


图 6

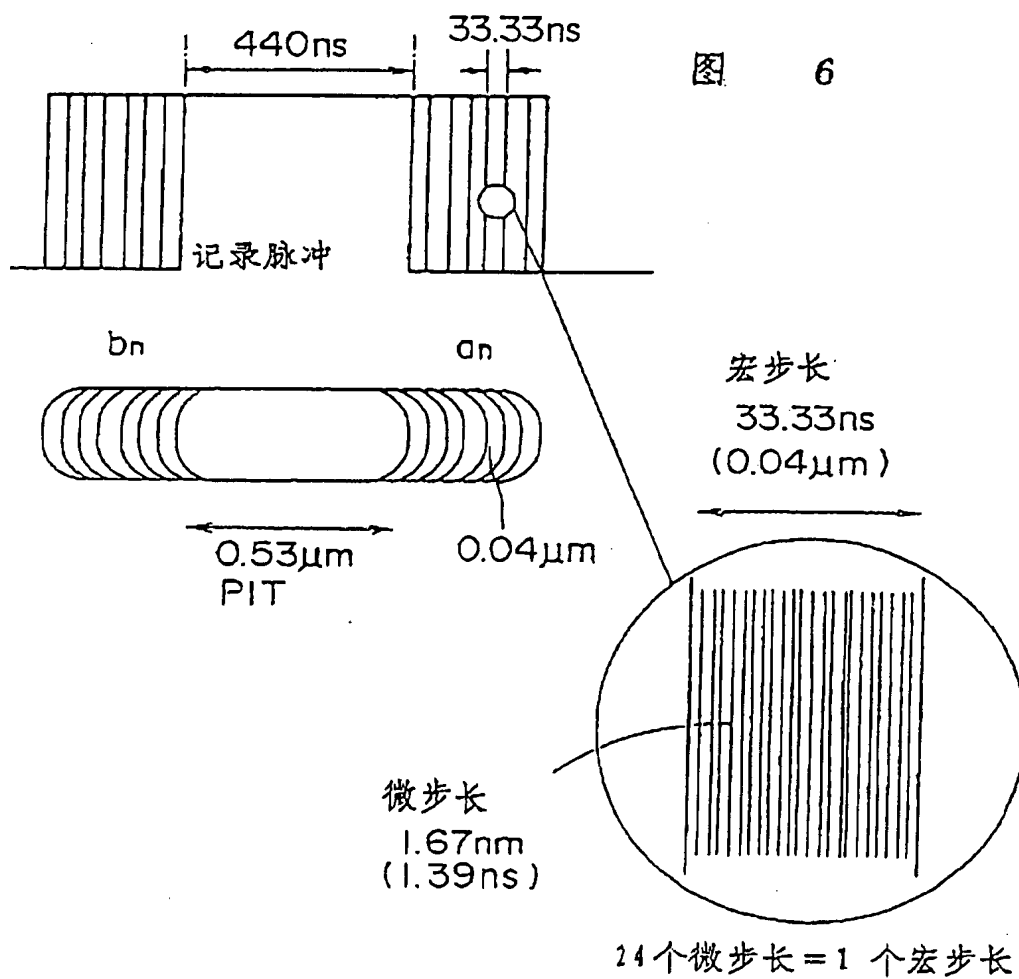


图 7

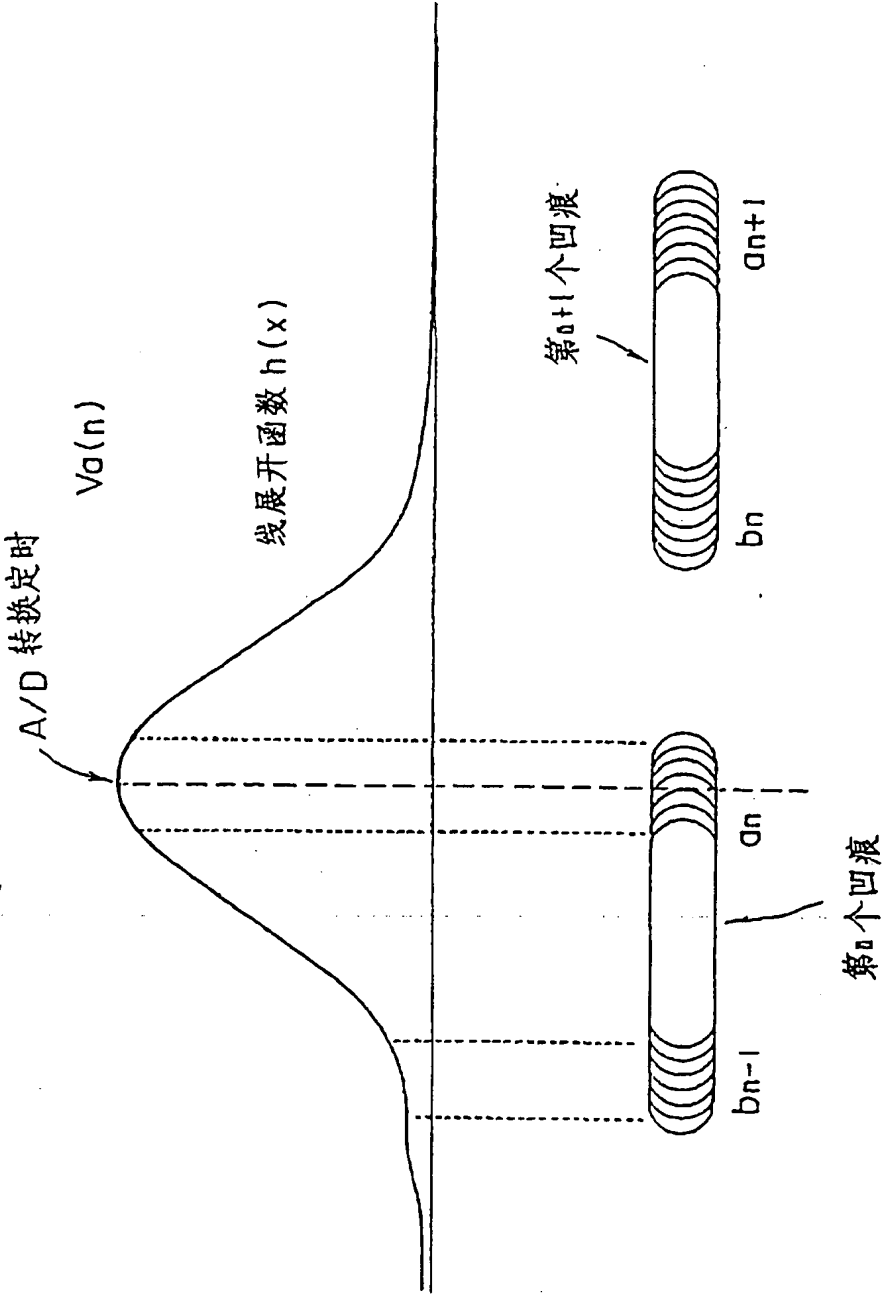
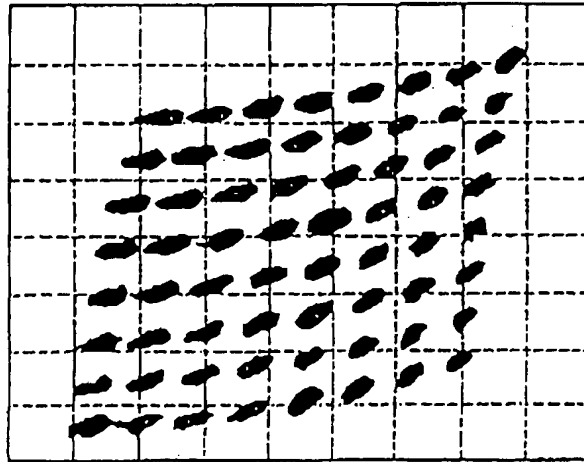
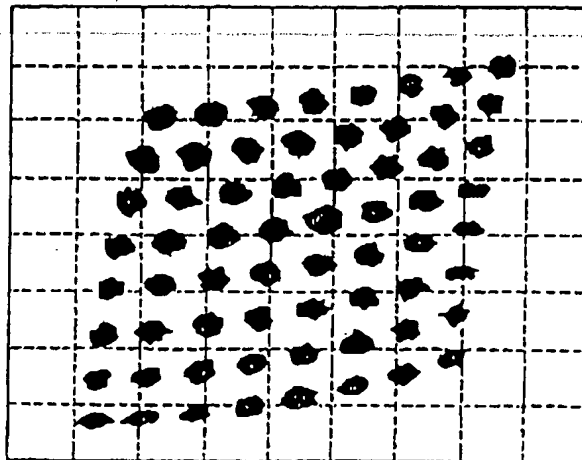


图 8



无校正

图 9



有校正

图 10A

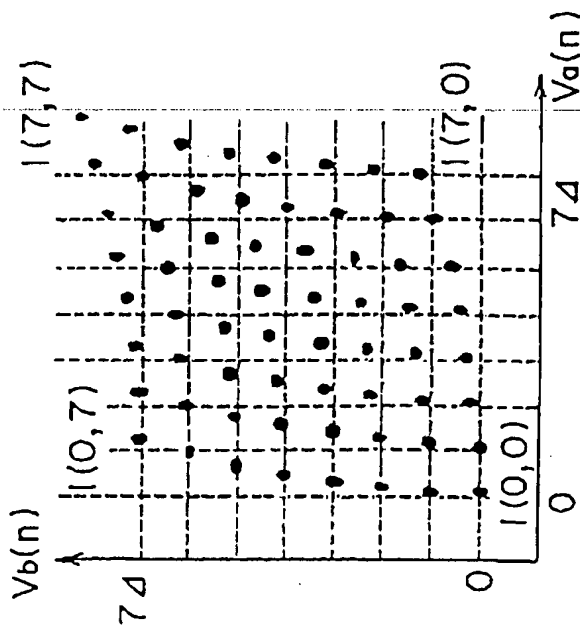


图 10B

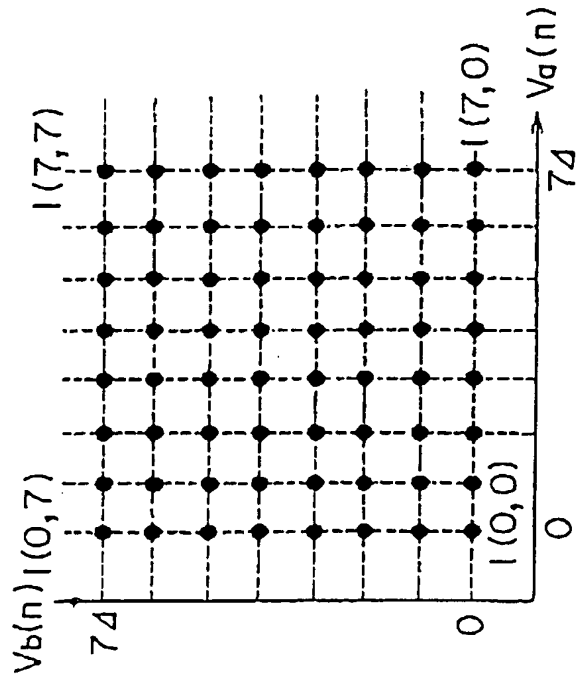


图 11 A

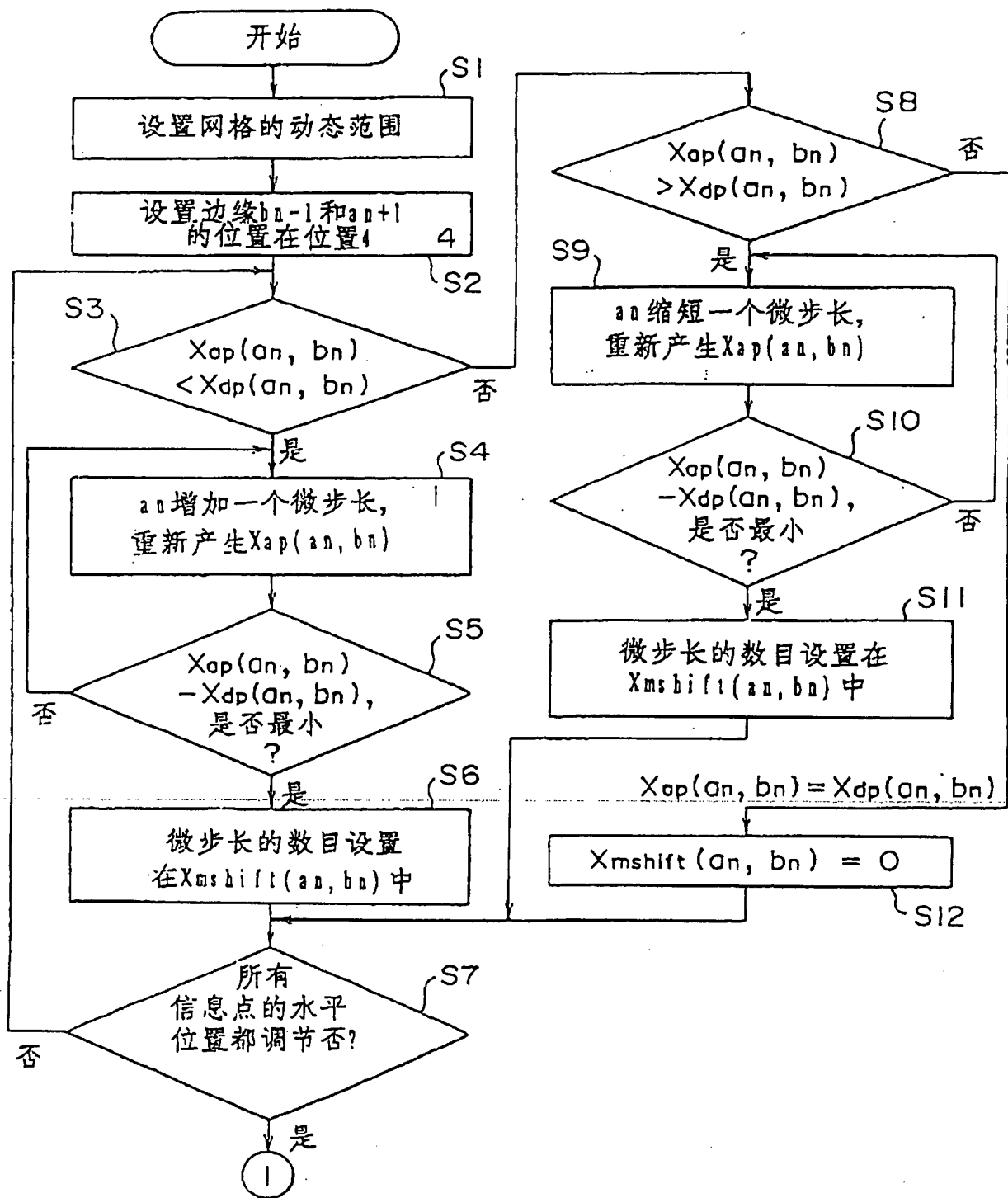


图 1.1 B

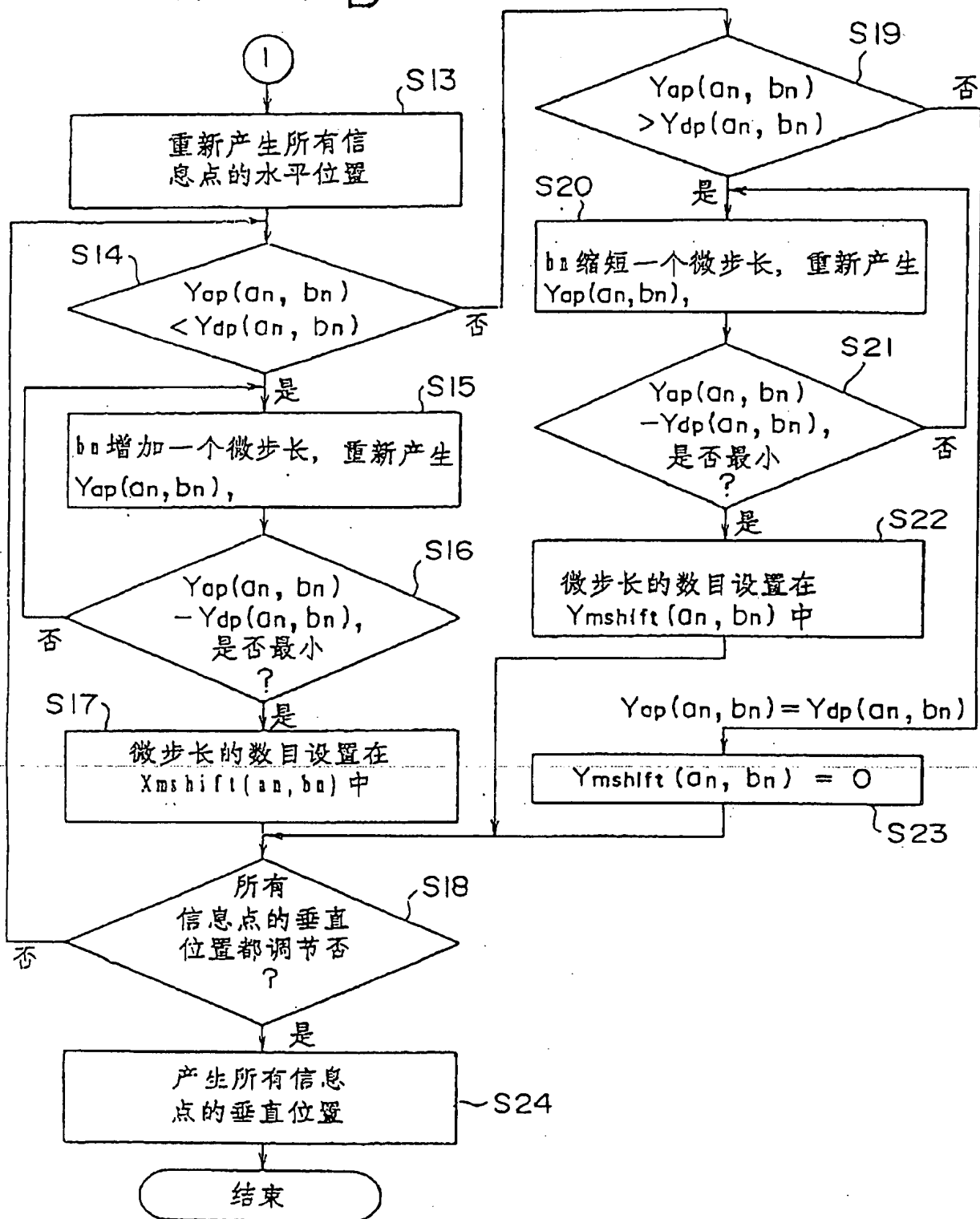
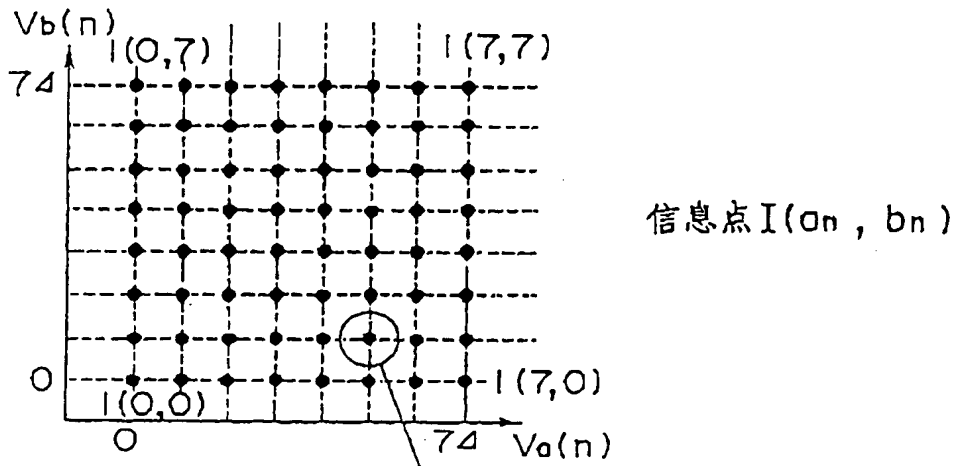


图 12



由 b_{n-1} 和 a_{n+1} 产生的
信息点的展览

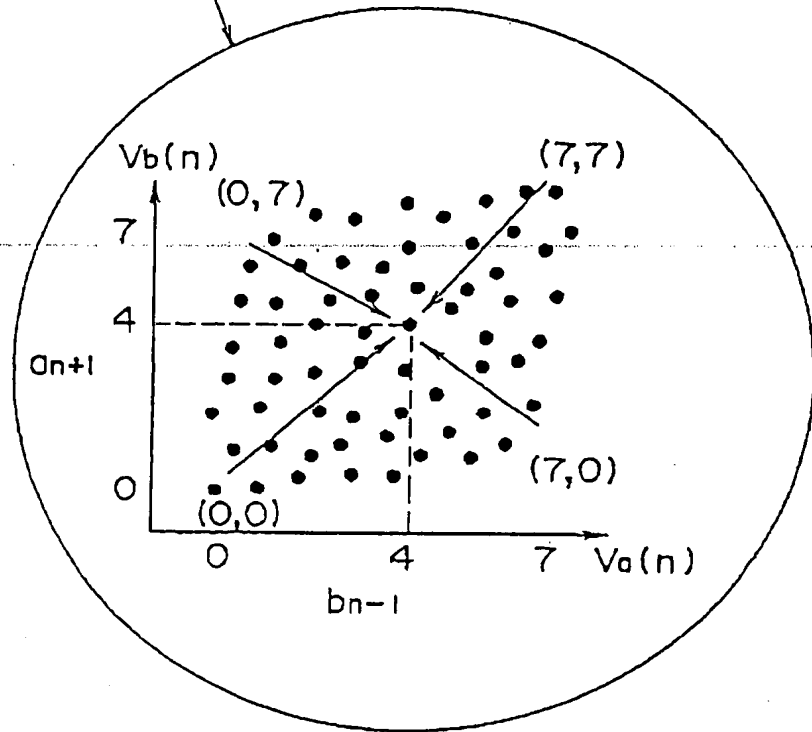


图 13A

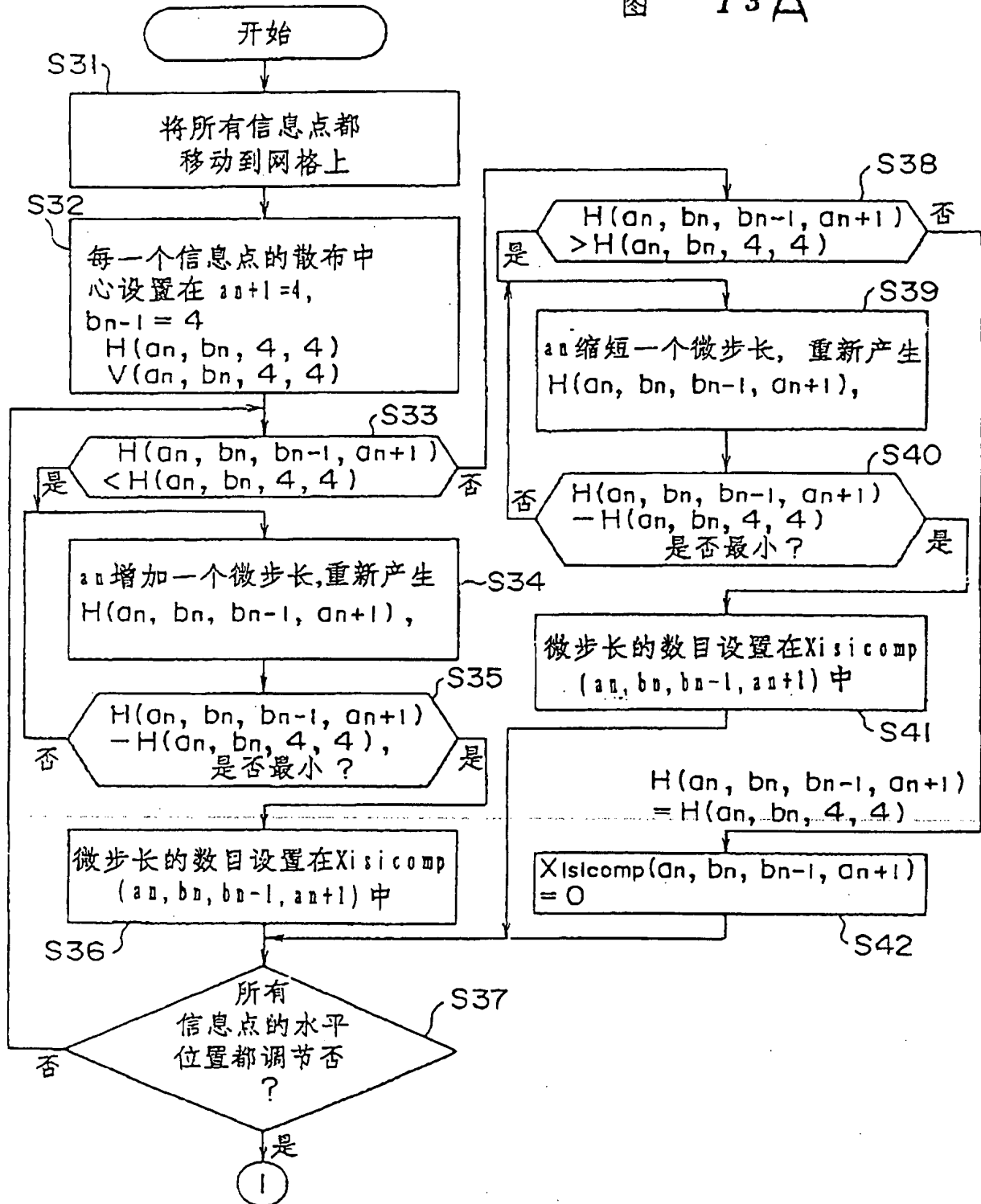


图 13 B

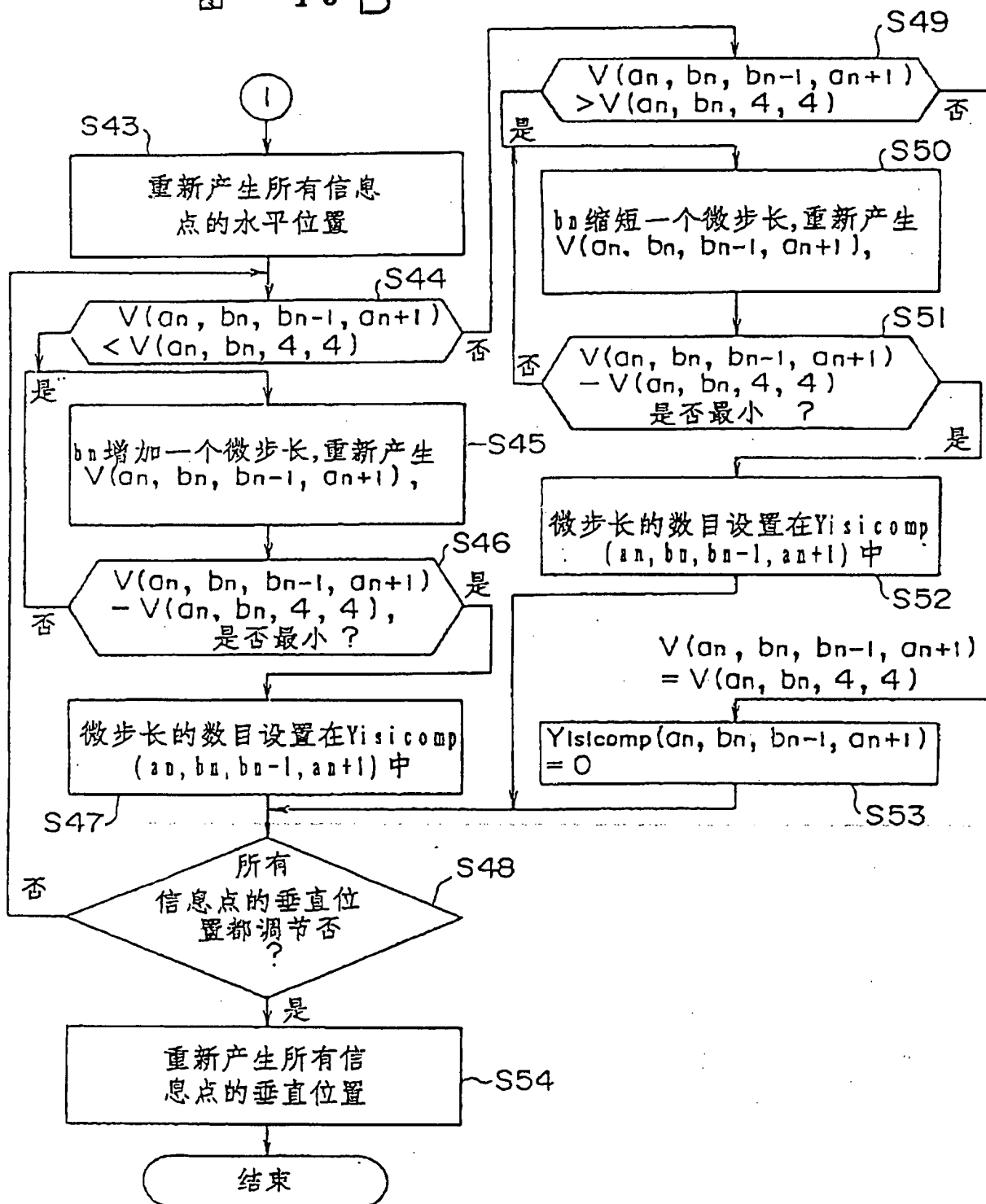


图 1 4

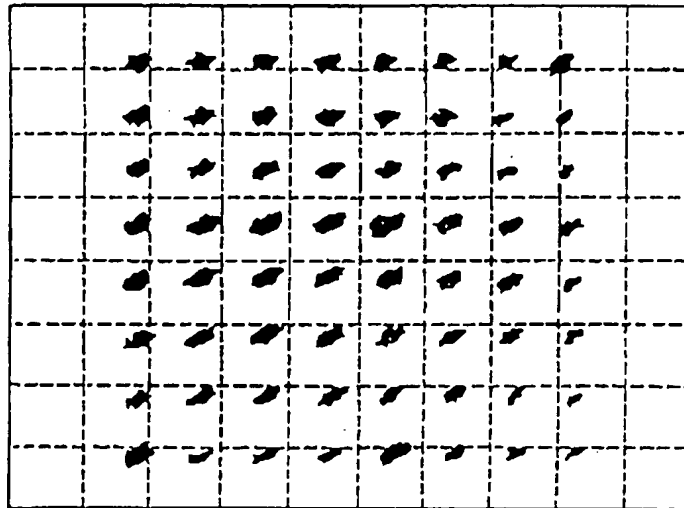


图 1 5

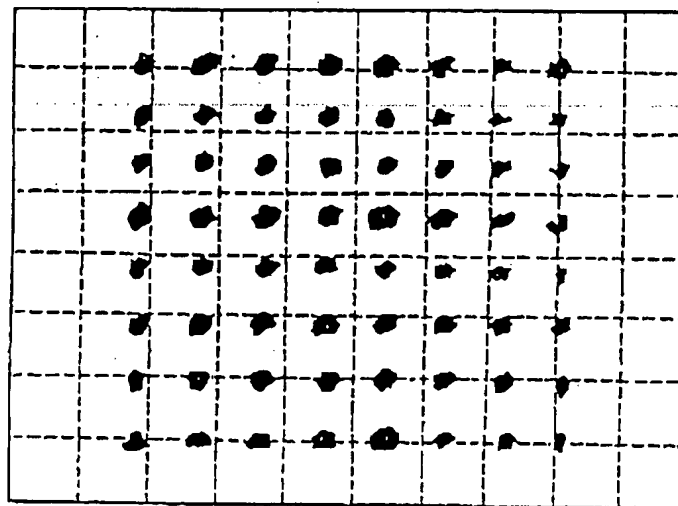


图 16

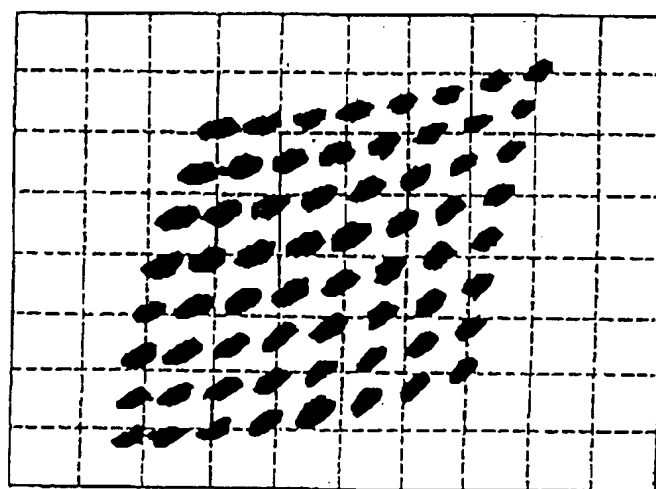


图 17

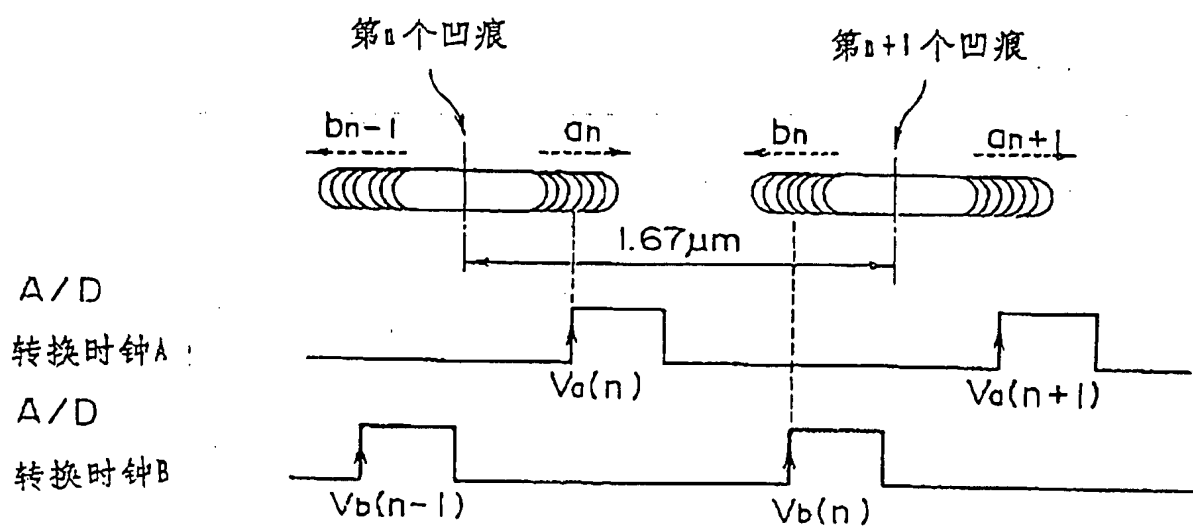


图 18

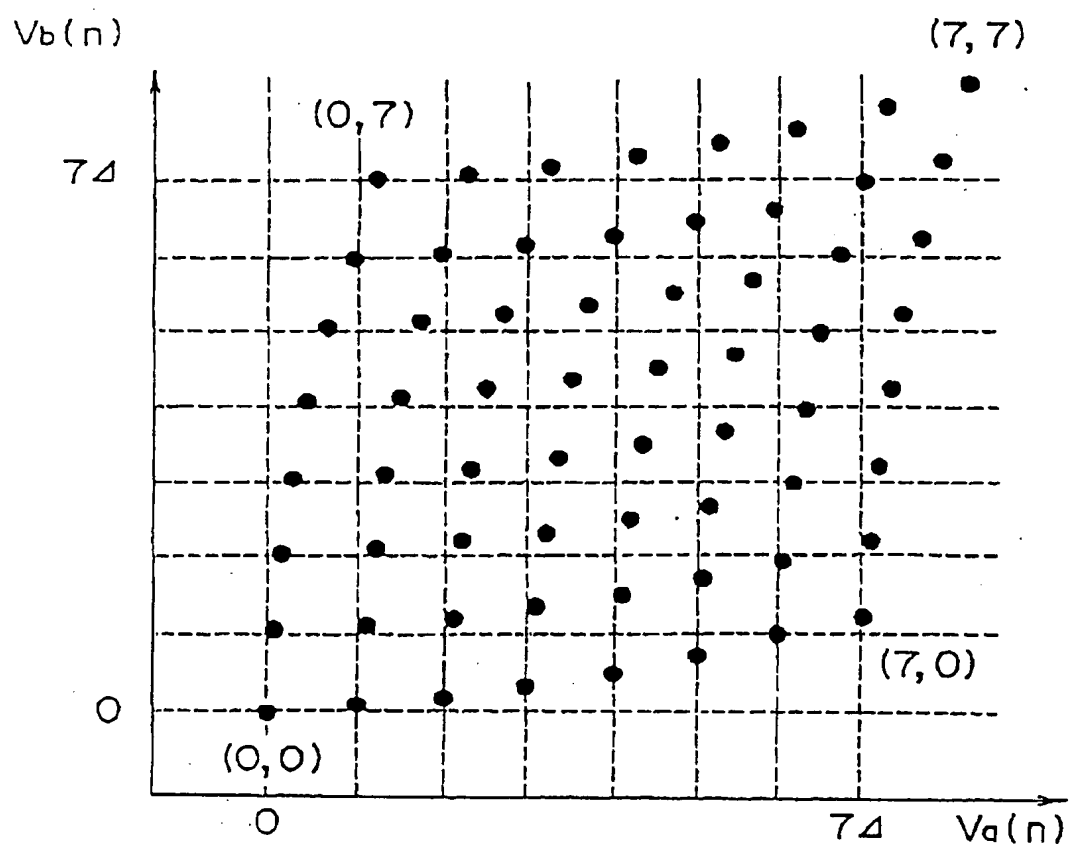


图 19

